

4.- GENERADOR

4.1.- GTG (GLOBAL TRAJECTORY GENERATOR). GENERADOR DE TRAYECTORIAS GLOBALES.

La herramienta desarrollada GTG engloba 3 módulos principales:

- Módulo interfaz de usuario, GTG-INTERFACE
- Módulo generador de trayectorias globales, GTG-GENERATOR.
- Módulo calculador de la trayectoria, TRAJECTORY ©.

En la Figura 4.1.1 se representa el diagrama general de la herramienta con los módulos principales.

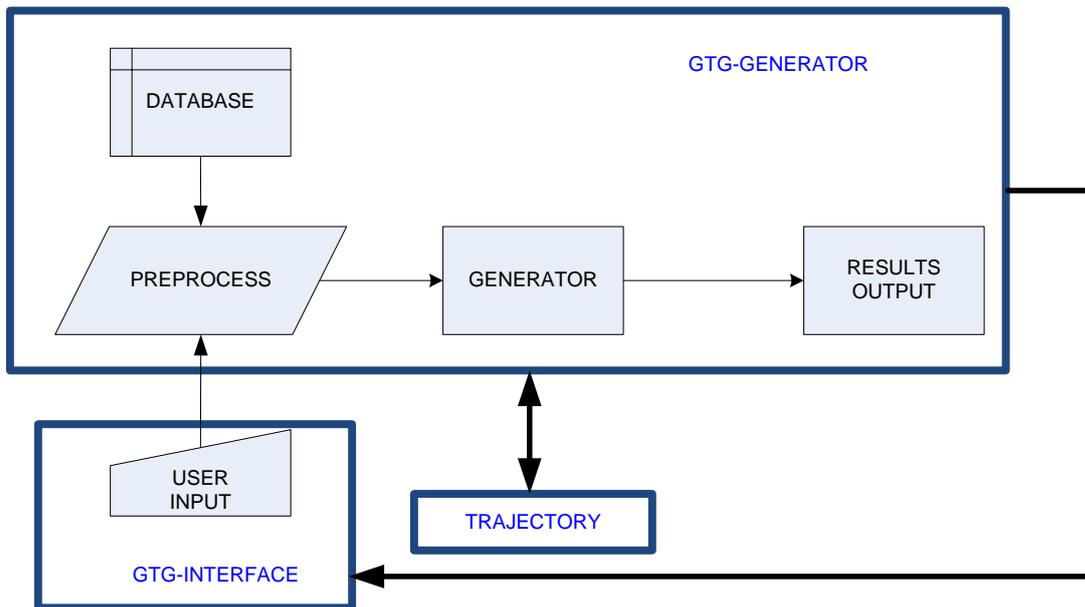


Figura 4.1.1. Diagrama general GTG

El módulo TRAJECTORY© actúa de calculador de segmentos unitarios de vuelo a partir de las órdenes proporcionadas por GTG con objeto de obtener la trayectoria global.

El módulo generador de trayectorias GTG-GENERATOR es la herramienta que define a partir de los parámetros de vuelo, los segmentos de vuelo a realizar con objeto de formar una trayectoria global. GTG-GENERATOR sirve además como base para el desarrollo de la interfaz de usuario. Al ser GTG-GENERATOR el módulo principal a desarrollar en el presente proyecto, será analizado con detalle en los siguientes apartados.

El módulo interfaz de usuario GTG-INTERFACE, sirve como elemento de comunicación con el GTG-GENERATOR proporcionando al usuario final un elemento de control de las diferentes posibilidades que proporciona la herramienta. El objetivo final es que sea de uso fácil para el usuario pero a la vez flexible y potente.

4.2.- GTG-INTERFACE

El módulo interfaz de usuario GTG-INTERFACE (Figura 4.2.1), sirve como elemento de entrada, selección y cambio de parámetros por parte del usuario además de método de visionado de los resultados obtenidos por la herramienta.

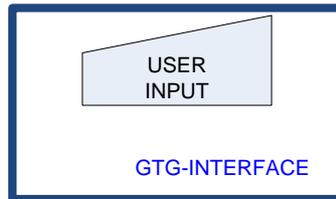


Figura 4.2.1. GTG-INTERFACE.

Los datos de entrada proporcionados por el usuario y que posteriormente sirven de entrada al módulo PREPROCESS del módulo principal GTG-GENERATOR son (Figura 4.2.2):

- Tipo de aeronave. Permite seleccionar las aeronaves disponibles en la base de datos para el cálculo de la trayectoria global.
- Aeropuertos. Posibilita al usuario la selección del aeropuerto de salida y destino entre los disponibles en la base de datos.
- Way points de paso. Permite introducir los way points de paso de la aeronave entre los aeropuertos de salida y destino.
- Peso real de la aeronave al despegue, ATOW. El usuario introduce el peso real de la aeronave al despegue.
- Parámetros opcionales. Posibilita al usuario modificar los parámetros por defecto aplicables a la trayectoria tipo. Entre los parámetros por defecto se puede diferenciar los asociados a la aeronave y los asociados a los procedimientos operativos.

Los parámetros asociados a la aeronave son:

- Mach de crucero (MCR).
- Mach de subida (MCLB).
- Mach de descenso. (MDSC).
- Velocidad indicada de crucero (SCR).
- Velocidad indicada de subida (SCLB).
- Velocidad indicada de descenso (SDSC).

Por otra parte los parámetros asociados a los procedimientos operativos son:

- 250 KCAS (como velocidad a mantener por debajo de 10.000 ft o FL 100) en los espacios aéreos D, E, F, G.
- Parámetros de ascenso definidos por el [DOC8168] y explicados en el apartado 2.1, hasta alcanzar los 3000 ft (AGL) con objeto de cumplir el procedimiento antirruído tipo A [DOC8168].

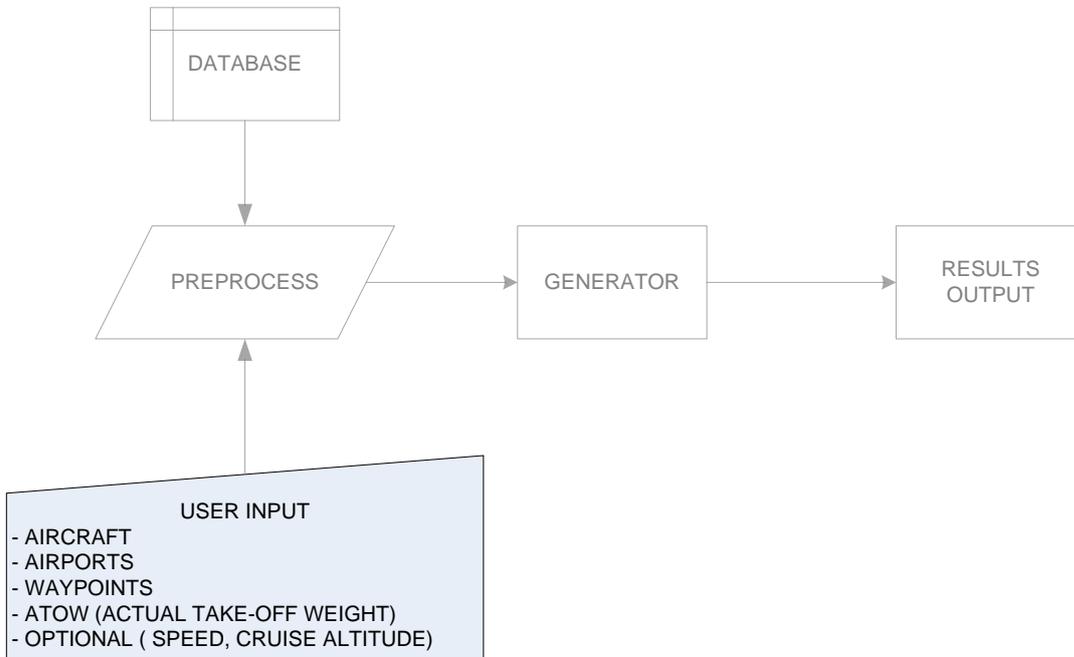


Figura 4.2.2. Módulo USER INPUT.

4.3. - GTG-GENERATOR

El módulo generador de trayectorias GTG-GENERATOR es la base principal del proyecto. Su función es elegir entre los tipos de segmentos posibles, aquel que cumpla la trayectoria global tipo y por tanto siga todas las especificaciones y normativa aplicables.

El módulo principal GTG-GENERATOR (Figura 4.3.1), se compone de los siguientes módulos internos:

- Base de datos, DATABASE.
- Módulo de procesamiento inicial de datos, PREPROCESS.
- Módulo generador, GENERATOR.
- Módulo de salida de datos, RESULTS OUTPUT.

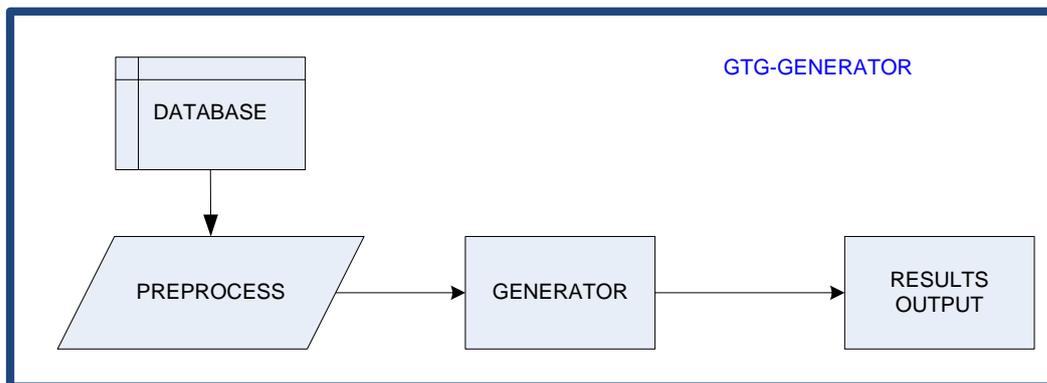


Figura 4.3.1. Módulo GTG-GENERATOR.

A continuación se procede a la explicación de cada uno de los módulos.

4.3.1.- DATABASE

El módulo DATABASE del GTG-GENERATOR (Figura 4.3.2), almacena la información necesaria para reducir el número de parámetros de entrada a introducir por el usuario. Los registros almacenados son:

- Parámetros de la aeronave almacenados por TRAJECTORY ©.
 - Características generales:
 - Superficie alar (S).
 - Pesos certificados:
 - Peso máximo al despegue (MTOW).
 - Peso operativo seco (DOW).
 - Velocidades operativas:
 - Mach de crucero (MCR).

- Mach de subida (MCLB).
- Mach de descenso. (MDSC).
- Velocidad indicada de crucero (SCR).
- Velocidad indicada de subida (SCLB).
- Velocidad indicada de descenso (SDSC).
- Velocidad de aproximación (VAPP).
- Velocidad indicada de seguridad al despegue (V2).
- Modelo propulsivo (ratings):
 - Empuje (T).
 - Consumo específico (c).
- Modelo aerodinámico (configuraciones):
 - Resistencia (D).
- Velocidades operativas:
 - Velocidad de entrada en pérdida (Vstall).
 - V2

- Base de datos de way points. Almacenan las coordenadas (latitud y longitud) asociadas a cada punto así como su indicativo.

- Base de datos de aeropuertos. Contiene toda la información necesaria relativa al aeropuerto en función de la pista.

- Identificación del aeródromo y pista.
- Coordenadas (latitud y longitud) de la cabecera de pista.
- Elevación del aeródromo.
- Pendiente de la senda de planeo (PTH) y altura final de interceptación (HILS) de la senda de descenso del proceso de aproximación definido mediante un sistema ILS.

- Parámetros por defecto. Son parámetros asociados a los procedimientos operativos y que formarán parte de los eventos.

- 250 KCAS (Como velocidad a mantener por debajo de 10.000 ft o FL 100) en los espacios aéreos D, E, F, G [A11].

- Parámetros de ascenso hasta alcanzar los 3000 ft (AGL) con objeto de cumplir el procedimiento antirruído tipo A [DOC8168].

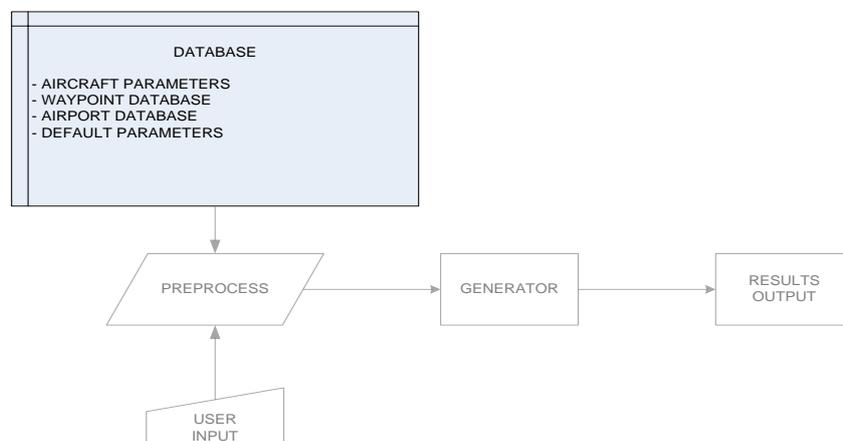


Figura 4.3.2. Módulo DATABASE.

4.3.2.- PREPROCESS

El módulo PREPROCESS (Figura 4.3.4), realiza el procesamiento previo de los datos que posteriormente serán utilizados por el módulo GENERATOR para crear la trayectoria global. PREPROCESS subdivide el proceso en varias etapas:

- Recogida de datos. A partir de los datos introducidos por el usuario e interactuando con la base de datos se obtienen: los parámetros del modelo de avión, way points de paso, datos de los aeropuertos y parámetros operativos establecidos por defecto o modificados por el usuario y referidos a velocidades y alturas.
- Generación de vector de way points de paso previamente seleccionados.
- Cálculo de la altitud en la que la velocidad aerodinámica verdadera asociada tanto al Mach de ascenso como a la velocidad calibrada de ascenso se igualan. El motivo de este cálculo es establecer una altitud por encima de la cual se utiliza el número de Mach como velocidad operativa.
- Estimación del punto de reducción de velocidad previo al descenso (CSR) y del punto de iteración. Como se comentó en 2.1, es necesario un cálculo iterativo para determinar el comienzo del descenso. Ello se hace determinando la posición del CRS. La primera estimación del CSR, que se define como la distancia en NM hasta el aeródromo de destino, se calcula a partir de una aproximación experimental consistente en dividir la diferencia en pies entre la altitud de crucero y la elevación del aeródromo de destino entre 1000 y posteriormente multiplicar el resultado por 3. El número obtenido es una estimación heurística en millas náuticas del CSR, que servirá como dato de partida a partir del cual iterar para obtener la solución a nuestro problema. El punto de iteración será el punto a partir del cual se iniciará el algoritmo en cada iteración con objeto de disminuir el error en la estimación del CSR. De este modo, se define el punto de iteración como 2 veces la estimación inicial del CSR. El objetivo de definir un punto de iteración tiene como propósito reducir el número de segmentos a calcular en cada iteración, siendo por tanto un elemento no operativo e interno al algoritmo. Posteriormente se analizará la idoneidad de ambos criterios cuando se analice el descenso.
- Cálculo del punto de interceptación de la senda de aproximación final. Dicho segmento (Figura 4.3.3), abarca desde el punto de interceptación de la senda de aproximación supuestamente asociada a un ILS, a la velocidad de aproximación y a la altura HILS, hasta la elevación del aeródromo de destino.

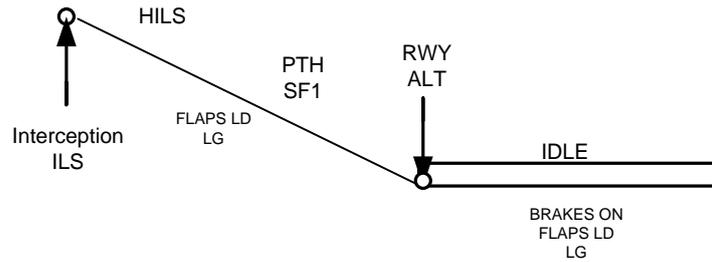


Figura 4.3.3. Segmento final trayectoria global tipo.

Para ello, conocidas las coordenadas de la cabecera de pista, tomada de forma aproximada en sustitución de las coordenadas del punto de toma de contacto con la pista; definido el último segmento mediante rumbo constante, coincidente con el de la pista de aterrizaje; ángulo de trayectoria de la aeronave y altura de interceptación, indicado por el procedimiento de aproximación ILS; y elevación de la cabecera de pista, se obtiene el punto de interceptación. De tal modo, una vez obtenido el punto de interceptación de la senda de aproximación se introducirá como punto de paso justo antes del aeropuerto de destino.

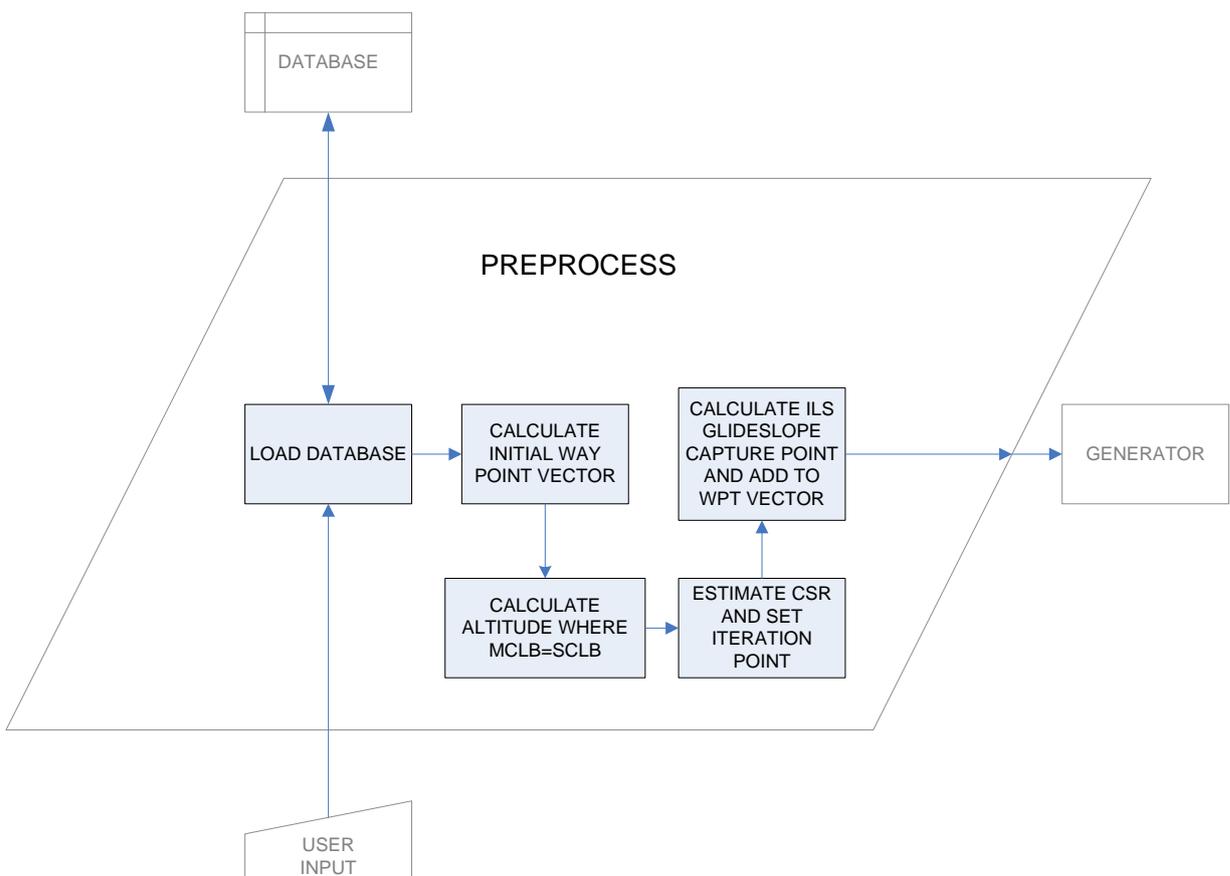


Figura 4.3.4. Módulo PREPROCESS.

4.3.3.- GENERATOR

El módulo GENERATOR (Figura 4.3.5), es el módulo central de GTG-GENERATOR. Genera la trayectoria global, para lo cual se alimenta de los datos generados en el módulo PREPROCESS, y envía los resultados al módulo RESULTS OUTPUT.

El módulo GENERATOR está compuesto por 3 módulos internos:

- INITIAL BLOCK. Se inicia al comienzo de la operación. Abarca desde la posición tanto en elevación como geográfica de la cabecera de pista de despegue con velocidad nula, hasta alcanzar los 400 ft AGL. Durante este bloque, como se establece en el [DOC8168], no se permite la posibilidad de cambio de rumbo en la trayectoria horizontal para proceder al primer way point. Como resultado, el punto final de este segmento depende del peso al despegue de la aeronave, por lo que el rumbo hacia el primer way point así como la distancia recorrida dependerán del mismo.
- CENTRAL BLOCK. Se inicia al finalizar el bloque inicial. Abarca la operación de la aeronave desde los 400 ft AGL hasta alcanzar el punto de iteración, IP.
- FINAL BLOCK. Se inicia al alcanzar el punto de iteración y finaliza en el punto de toma de contacto una vez estimado correctamente el CSR.

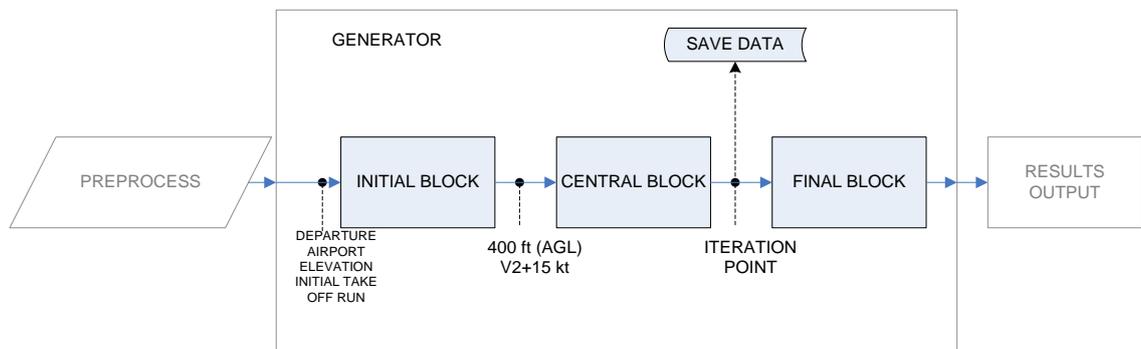


Figura 4.3.5. Módulo GENERATOR.

La estrategia a seguir en cada uno de los bloques que componen el módulo GENERATOR (Figura 4.3.6), es muy parecida. El objetivo es generar la trayectoria global de la aeronave para lo cual es necesario calcular los segmentos unitarios que la componen. Estos segmentos, como se indicó en el capítulo 3 referido al calculador, están definidos a partir de 3 ligaduras y unas condiciones iniciales. La finalización del segmento está definida por los eventos, los cuales pueden estar asociados a velocidad, distancia, way point o altura. Una vez finalizado el segmento de vuelo unitario y generados los parámetros de salida por TRAJECTORY, se generan las ligaduras y eventos aplicables al siguiente segmento de vuelo. Para ello, se evalúan los datos de salida proporcionados por TRAJECTORY, de donde se obtienen la velocidad, altura,

posición geográfica así como otros parámetros secundarios que junto a la fase de vuelo y la evaluación de los segmentos de vuelos unitarios anteriores permiten elegir las ligaduras y eventos aplicables al siguiente segmento. Para ello se han establecido 4 tipos de eventos:

- Tipos:
 - SPD_EVENT : Eventos asociados a velocidad.
 - ALT_EVENT: Eventos asociados a alturas.
 - WPT_EVENT: Eventos asociados a way points.
 - DST_EVENT: Eventos asociados a distancias.

Los eventos estarán agrupados en estructuras denominadas cells de la forma:

```

XEventsData{i}.function      = @eventX;
XEventsData{i}.option.type   = 'TYPE';
XEventsData{i}.option.data   = DATA;
XEventsData{i}.cons.change   = 'CONSC';
XEventsData{i}.cons.new      = 'CONSN';
XEventsData{i}.cons.newtype  = 'TYPEN';
XEventsData{i}.type          = 'TYPED';
XEventsData{i}.isterminal    = isterminal;
XEventsData{i}.direction     = direction;
    
```

donde

- @eventX, indica la función correspondiente al tipo de evento X.
- TYPE, permite seleccionar el tipo de dato.
- DATA, establece el valor en el que se produce el salto del evento.
- CONSC, indica la ligadura que debe ser sustituida.
- CONSN, indica la nueva ligadura.
- TYPEN, indica el tipo de nueva ligadura.
- TYPED, muestra a qué fase del vuelo corresponde el evento.
- Isterminal y direction muestran la dirección y tipo de parada del evento.

A modo de ejemplo se muestra un evento de velocidad.

```

SPDEventsData{1}.function      = @eventSPD;
SPDEventsData{1}.option.type   = 'CAS';
SPDEventsData{1}.option.data   = 250*kt2m;
SPDEventsData{1}.cons.change   = 'ALT';
SPDEventsData{1}.cons.new      = 'SPD';
SPDEventsData{1}.cons.newtype  = 'CAS';
SPDEventsData{1}.type          = 'CLB';
SPDEventsData{1}.isterminal    = 1;
SPDEventsData{1}.direction     = 0;
    
```

Se observa que corresponde a un evento de velocidad SPD, donde el valor de parada es 250 KCAS y supone una vez activo, el cambio de la ligadura ALT correspondiente a mantener altura por la ligadura SPD o mantener velocidad de tipo CAS. El evento corresponde a la fase de ascenso.

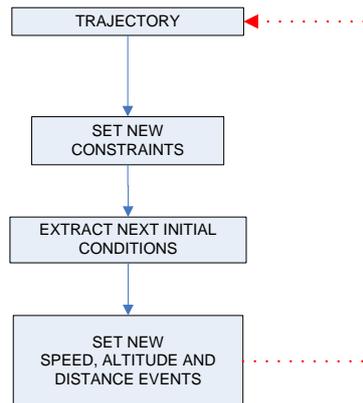


Figura 4.3.6. Diagrama flujo general.

INITIAL BLOCK

El bloque inicial (Figura 4.3.7) comienza con el primer segmento de la trayectoria global. Este segmento se inicia a una altitud igual a la elevación del aeropuerto de salida en cabecera de pista y con velocidad cero. El bloque finaliza al alcanzar los 400 ft (AGL) con una velocidad de V_2+15 kt. Durante este segmento los cambios de rumbo para proceder al primer way point están restringidos y únicamente se establecen 2 eventos, uno asociado a velocidad V_2+15 kt, que indica el final del primer segmento; y otro asociado a altura correspondiente a 400 ft (AGL).

Las ligaduras asociadas al despegue, primer y segundo segmento son siempre las mismas:

Despegue

- ENG (TO)
- HDG
- ALT

1er segmento

- ENG (TO)
- HDG
- PTH

2º segmento

- ENG (TO)
- HDG
- SPD (CAS)

Una vez alcanzados los 400ft (AGL), se extraen las condiciones iniciales que servirán como datos de entrada para el siguiente bloque y que corresponden con las finales del segmento calculado. Posteriormente se recalculan los eventos asociados a cada tipología, velocidad, altura, distancia y way point, introduciéndose en este último el punto donde se ha alcanzado los 400 ft (AGL). Una vez completado definitivamente el vector de eventos asociado a way points se determina la distancia total a recorrer, así como el rumbo al primer way point, cálculos ambos que no se habían podido realizar al

desconocer el punto donde finalizaba el bloque inicial. Indicar que dependiendo de las performances de la aeronave así como del peso de al despegue, los 400 ft no se alcanzan siempre en el mismo punto, lo que conlleva que la distancia total recorrida entre 2 aeropuertos pueda diferir ligeramente.

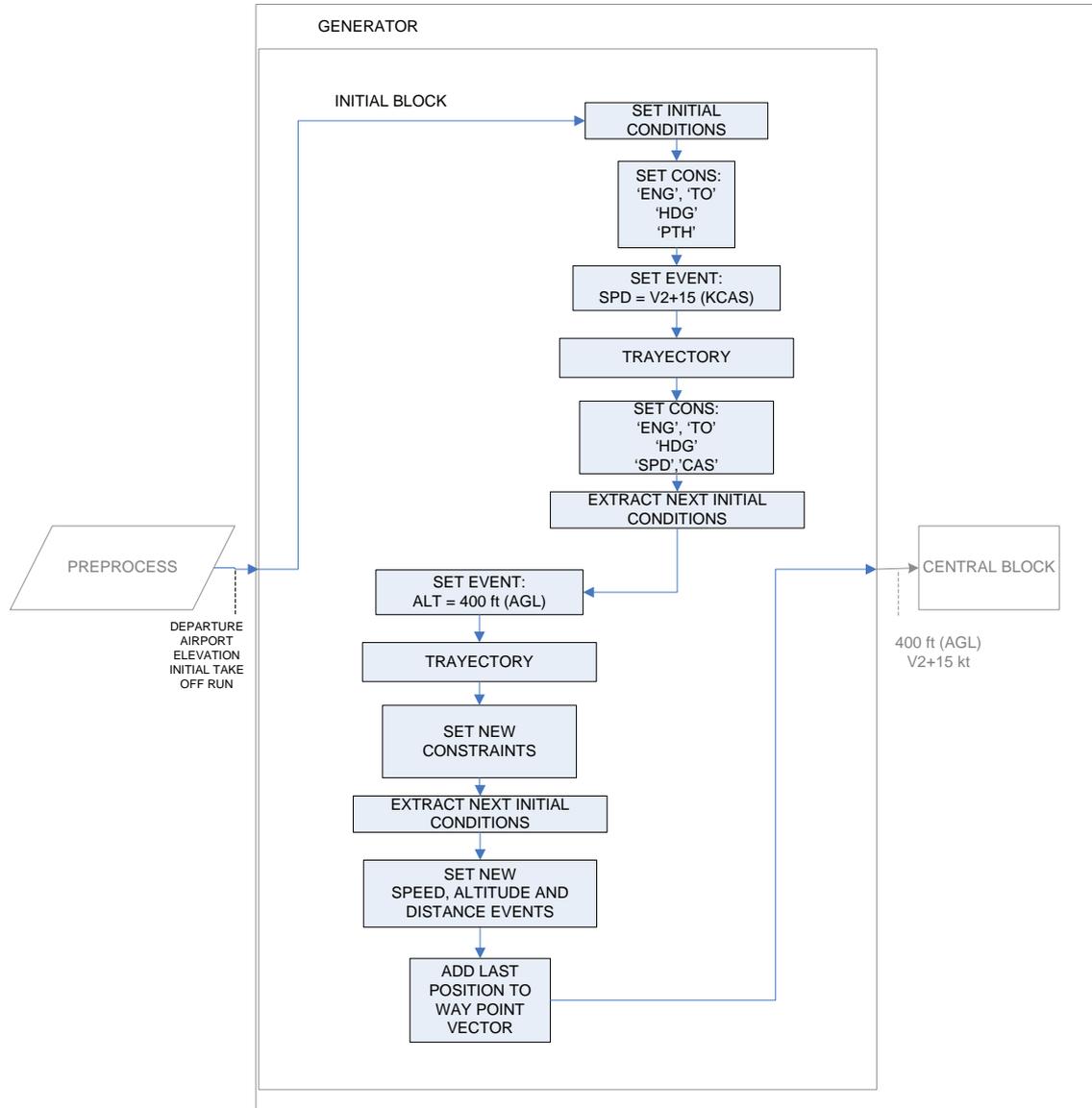


Figura 4.3.7. INITIAL BLOCK.

Puede parecer innecesario el cómputo al finalizar cada segmento del vector de eventos, sin embargo, su motivo está justificado. Principalmente se intenta evitar un alto número de eventos ejecutándose al mismo tiempo, lo que aumentaría el tiempo de cálculo, además, pueden existir conflictos entre eventos correspondientes a distintas fases de vuelo. Así pues, la solución es asociar los eventos a las tres fases de vuelo principales, ascenso, crucero y descenso; y eliminar los eventos alcanzados previamente.

CENTRAL BLOCK

El bloque central (Figura 4.3.8), abarca el cálculo de todos los segmentos de vuelo desde la finalización del bloque inicial a 400 ft (AGL) y V2+15 KCAS hasta alcanzar el punto de iteración, el cual había sido calculado en el módulo PREPROCESS.

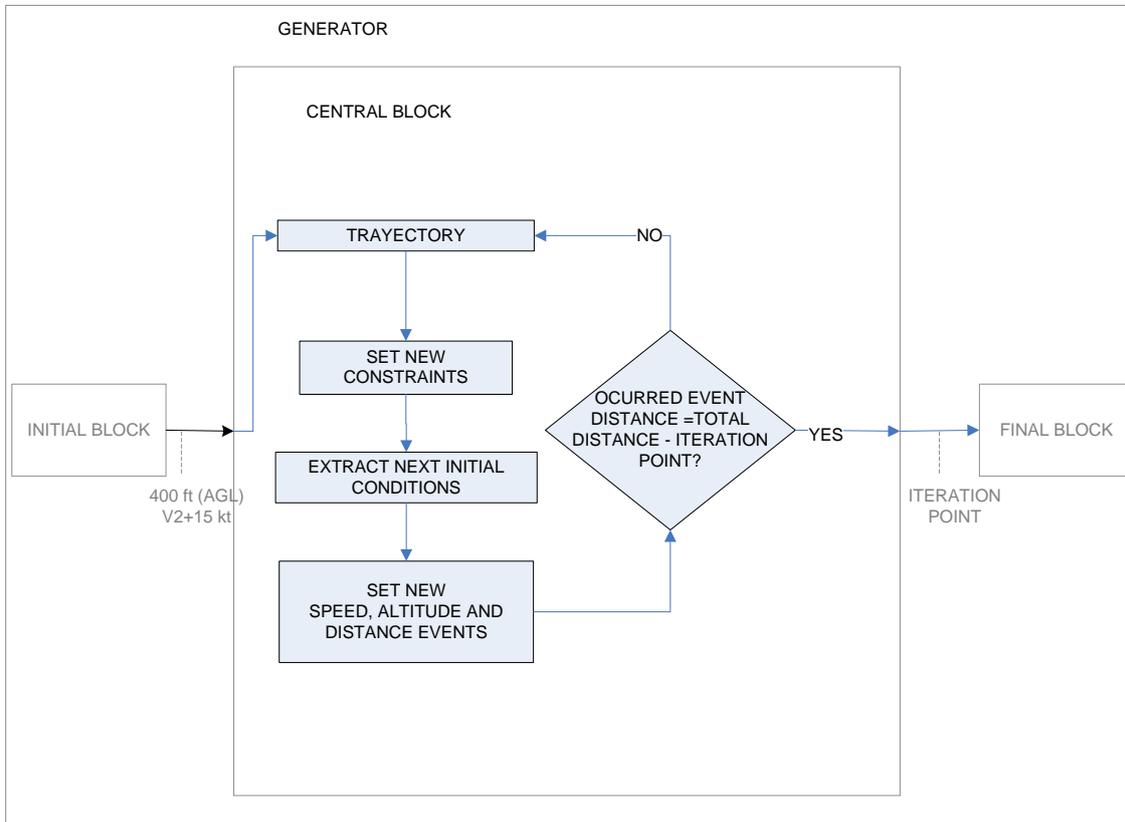


Figura 4.3.8. CENTRAL BLOCK.

El cálculo de cada uno de los segmentos sigue la misma estructura general que se muestra en la Figura 4.3.8. Los datos proporcionados por el módulo INITIAL BLOCK compuestos por las condiciones iniciales, eventos y ligaduras, se introducen en TRAJECTORY©, donde se realiza el cálculo del segmento hasta que se alcanza un evento. En función del evento alcanzado se generan las nuevas ligaduras que junto con las condiciones iniciales y los nuevos vectores evento formarán los datos de entrada para poder ejecutar nuevamente TRAJECTORY© y por tanto computar el siguiente segmento.

Este bucle se mantiene hasta que el evento alcanzado en el último segmento se corresponda con la llegada al punto de iteración. A continuación se envían las condiciones iniciales junto a las ligaduras y el vector de eventos obtenidos en el último ciclo del bucle al módulo FINAL BLOCK.

FINAL BLOCK

El bloque final calcula los segmentos unitarios de vuelo desde el punto de iteración hasta que la altitud y coordenadas de posición de la aeronave se corresponden

con la elevación y el punto de toma de contacto, respectivamente, de la pista en servicio del aeropuerto de destino, posteriormente se añadirá la carrera de aterrizaje hasta que la velocidad de la misma sea nula. Al no disponer de datos exactos y por ser el error despreciable en el resultado final, tanto la elevación así como las coordenadas (latitud y longitud) del punto de toma de contacto han sido sustituidas por la elevación del punto de referencia del aeropuerto (ARP) de destino y las coordenadas de la cabecera de la pista en servicio. En el punto de iteración, como su propio nombre indica, se inicia el algoritmo iterativo que va a permitir calcular de forma precisa el punto de reducción de velocidad, CSR, y por tanto la distancia a la que iniciar el descenso, TOD. A continuación y previamente a la explicación del bloque final se desarrolla el algoritmo para el cálculo del CSR.

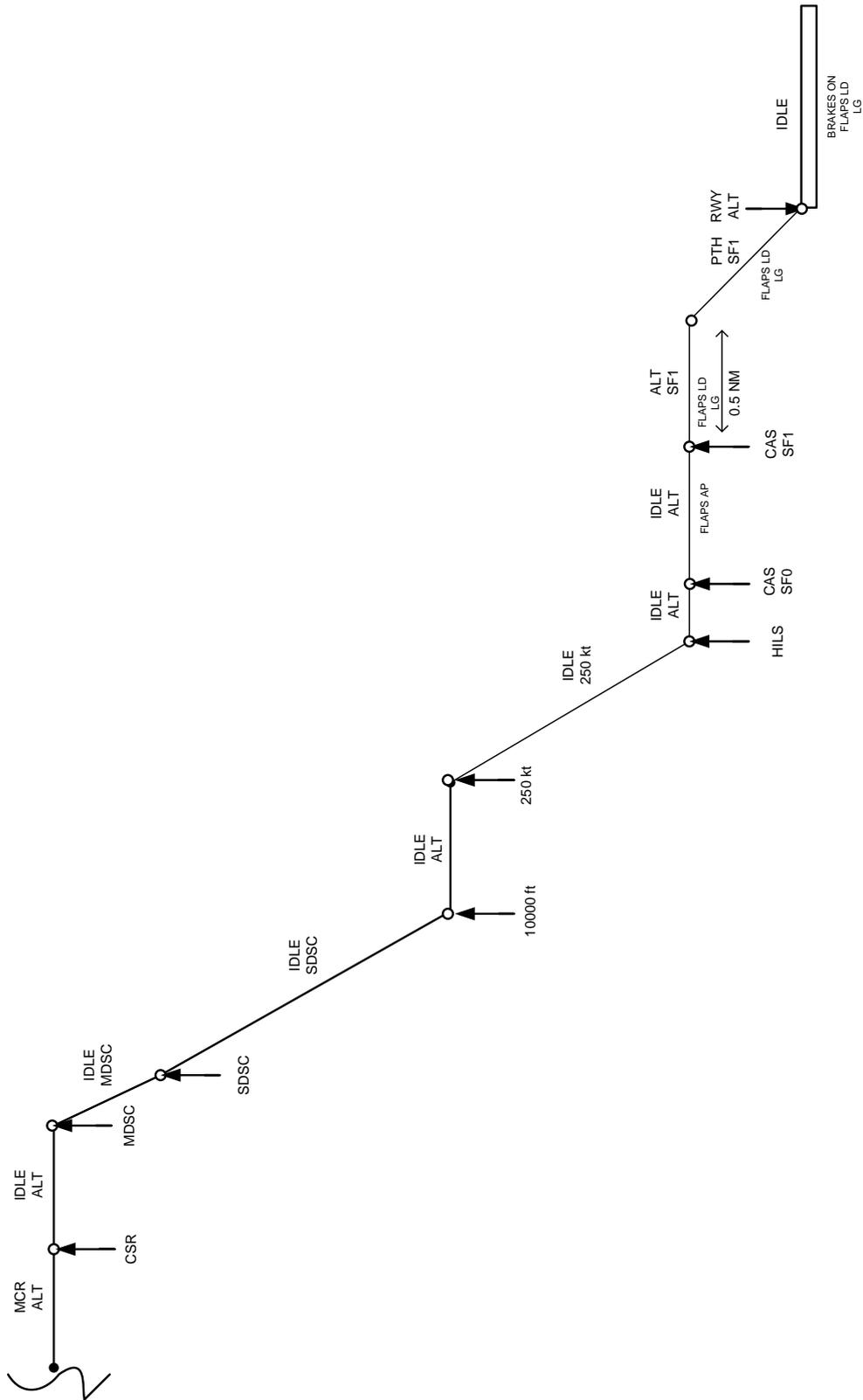
Algoritmo para el cálculo del CSR

Operativamente se conoce el TOD como el punto donde la aeronave inicia el descenso una vez alcanzada la velocidad de descenso apropiada con objeto de aterrizar en la pista asignada en el aeropuerto de destino. Desde un punto de vista económico interesa que el cálculo del TOD sea lo más preciso posible, de tal forma que salvo perturbaciones externas principalmente provocadas por congestión del espacio aéreo, el periodo en el cual la aeronave tenga que seleccionar un rating distinto a idle durante el descenso sea el mínimo posible y por tanto retrasando en la medida de lo posible el inicio del descenso con objeto de disminuir el consumo. El cálculo del TOD no es arbitrario, pues como se ha observado en la trayectoria global tipo, el descenso que se inicia a partir del TOD, depende entre otros factores del peso de la aeronave y por tanto, deben ser generados a partir de las condiciones finales del anterior segmento.

De este modo se ha desarrollado un método iterativo para el cálculo del TOD. Para ello se ha generado un nuevo punto que se denomina CSR o punto de reducción de velocidad pues el TOD viene precedido de un segmento de desaceleración hasta la velocidad de descenso establecida para cada tipo de aeronave y que por tanto no es conocido. Cuando se alcanza el CSR (que a modo de recordatorio fue inicialmente estimado en el módulo DATA INPUT a partir de la altitud de crucero y los datos del aeródromo) se inicia la fase de descenso. Dicho descenso lo compone una fase de desaceleración a nivel de crucero y con motores en idle. Alcanzado el Mach de descenso, que se corresponde con el TOD, se inicia la pérdida de altura manteniendo en un primer lugar el Mach de descenso y posteriormente la velocidad CAS de descenso. Se continúa generando los distintos segmentos unitarios que componen el descenso hasta alcanzar la altitud de interceptación del ILS (HILS). A esta altura se inicia una desaceleración desde 250 KCAS hasta la velocidad SF0 (1,1 veces la velocidad de entrada en pérdida en configuración limpia), momento en el que se modifica la configuración de la aeronave seleccionando flaps en configuración de aproximación. En esta nueva configuración se continúa la desaceleración hasta la velocidad SF1 (1,1 veces la velocidad de entrada en pérdida en configuración de aproximación), donde al igual que antes, se modifica la configuración de la aeronave seleccionando flaps en configuración de aterrizaje y tren de aterrizaje desplegado. Si el punto CSR estuviese bien calculado la aeronave alcanzaría la velocidad SF1 a 0.5NM del punto de interceptación de la senda de descenso,

punto que había sido calculado previamente en el módulo DATA INPUT al no depender de las características de la aeronave, e iniciaría una vez alcanzado este punto, el segmento final en rumbo de pista con ángulo de trayectoria de descenso constante y velocidad constante.

Sin embargo y de forma general como se observa en la Figura 4.3.10, en el seguimiento de una trayectoria global tipo durante la fase de descenso se recorre una distancia que no va a coincidir salvo enorme fortuna con la estimación inicial del CSR, definido éste como la distancia hasta el aeropuerto de destino siguiendo la ruta propuesta. De este modo y estableciendo como evento de parada del algoritmo de iteración el punto donde la altitud de la aeronave alcanza la elevación del punto de toma de contacto, aproximada mediante la elevación del ARP, se obtiene como se indica en la Figura 4.3.10 dos posibles casos.



Not to scale

Figura 4.3.9. Perfil de vuelo vertical, descenso.

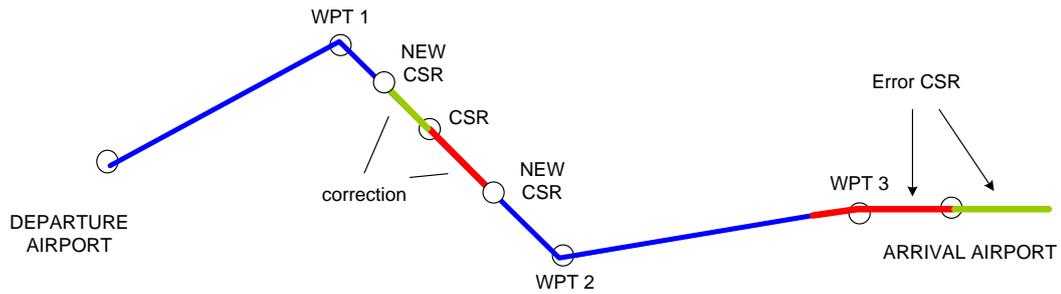


Figura 4.3.10 a. Diagrama corrección CSR I.

- Caso 1. Cuando se alcanza la elevación del punto de toma de contacto, la aeronave aún no ha llegado a la zona de toma de contacto, aproximada mediante la posición de la cabecera de pista, y por tanto es necesario disminuir el CSR para intentar que se alcance la elevación del punto de toma de contacto cuando la aeronave se encuentre en las coordenadas de la zona de toma de contacto. Este caso corresponde al diagrama rojo que aparece en la Figura 4.3.10a y Figura 4.3.10b.

- Caso 2. Cuando la aeronave alcanza la elevación del punto de toma de contacto, ésta ya haya sobrevolado dicho punto por lo que habrá que aumentar la estimación inicial del CSR. Este caso se corresponde en la Figura 4.3.10a y Figura 4.3.10b con el diagrama verde.

Para el nuevo cálculo del CSR se calcula el error en distancia sobre el terreno siguiendo la trayectoria de way points entre las coordenadas donde se alcanza la elevación del punto de toma de contacto y las coordenadas que definen el punto en la realizada, que se aproxima como se indicó anteriormente con las correspondientes a la cabecera de pista. Este error se resta o se suma dependiendo de que se produzca el caso 1 ó 2, respectivamente. Como es lógico dicho error no se corresponderá con el error verdadero, pues la corrección del CSR conlleva el inicio de la fase de descenso con un peso de la aeronave distinto y por tanto con una influencia en la distancia recorrida durante los distintos segmentos que lo componen. De este modo es necesario ejecutar el proceso de forma iterativa hasta que se alcance una estimación del CSR cuyo error esté por debajo de una tolerancia previamente establecida.

Debido a que es necesario para estimar el CSR realizar un proceso iterativo y como dependiendo del punto donde se inicie el proceso iterativo las condiciones iniciales van a variar, no es adecuado la elección del CSR como punto de inicio de la iteración. Por ello el bloque final se inicia en el punto de iteración que se estimó en 2 veces la distancia estimada para el CSR. Ahora sí se comprenderá el objetivo de tal selección y no es otro que establecer un criterio que permita la variación del CSR dentro de la iteración sin que sea necesario modificar el punto donde se inicia la misma y por tanto tener que calcular toda la trayectoria global desde el principio. De este modo se consigue que el tiempo de cálculo sea menor.

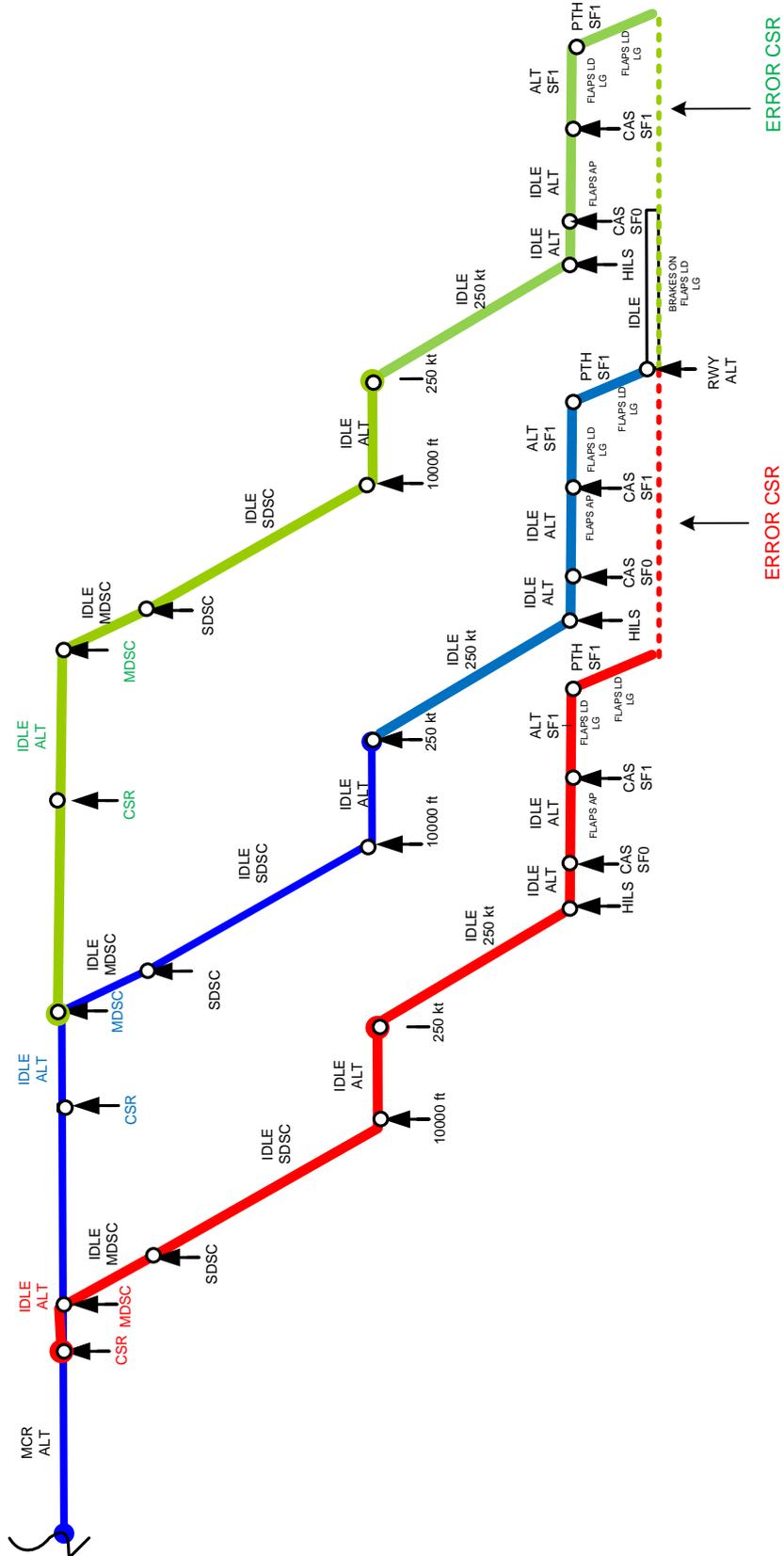
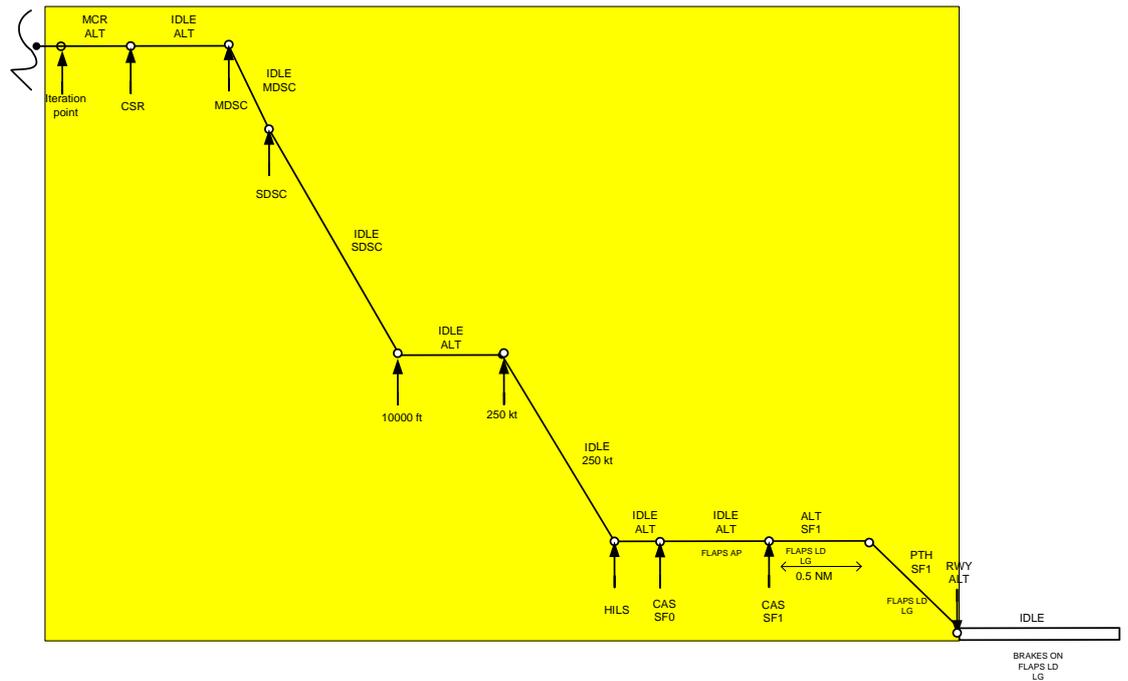


Figura 4.3.10 b. Diagrama corrección CSR II.



Not to scale

Figura 4.3.11. Segmentos que deben ser calculados en cada iteración.

Alcanzado por tanto el punto de iteración se realiza, como se indica en la Figura 4.3.12, un almacenaje de los datos de entrada al bloque final los cuales serán recuperados en el inicio de cada iteración.

El cálculo de los segmentos unitarios de vuelo sigue la misma estructura general que se ha utilizado hasta ahora en el módulo CENTRAL BLOCK. Los datos de entrada compuestos por las condiciones iniciales, eventos y ligaduras, se introducen en TRAJECTORY©, donde se realiza el cálculo del segmento hasta que se alcanza un evento. En función del evento alcanzado se generan las nuevas ligaduras que junto las condiciones iniciales y los nuevos vectores evento, formarán los datos de entrada para poder ejecutar nuevamente TRAJECTORY© y por tanto computar el siguiente segmento.

Dentro del módulo FINAL BLOCK existen dos bucles que realizan el cálculo de los segmentos de vuelo unitarios explicados anteriormente. El primer bucle se ejecuta hasta que se alcanza el evento asociado a distancia que indica haber llegado al CSR, sirve por tanto de diferenciación entre la fase de crucero y descenso. Una vez que se ha alcanzado el CSR, se envían los datos al segundo bucle que calcula los segmentos unitarios de vuelo correspondientes a la fase de descenso y finaliza cuando se alcanza el evento asociado a alturas correspondiente con la elevación del punto de toma de contacto de la pista en servicio.

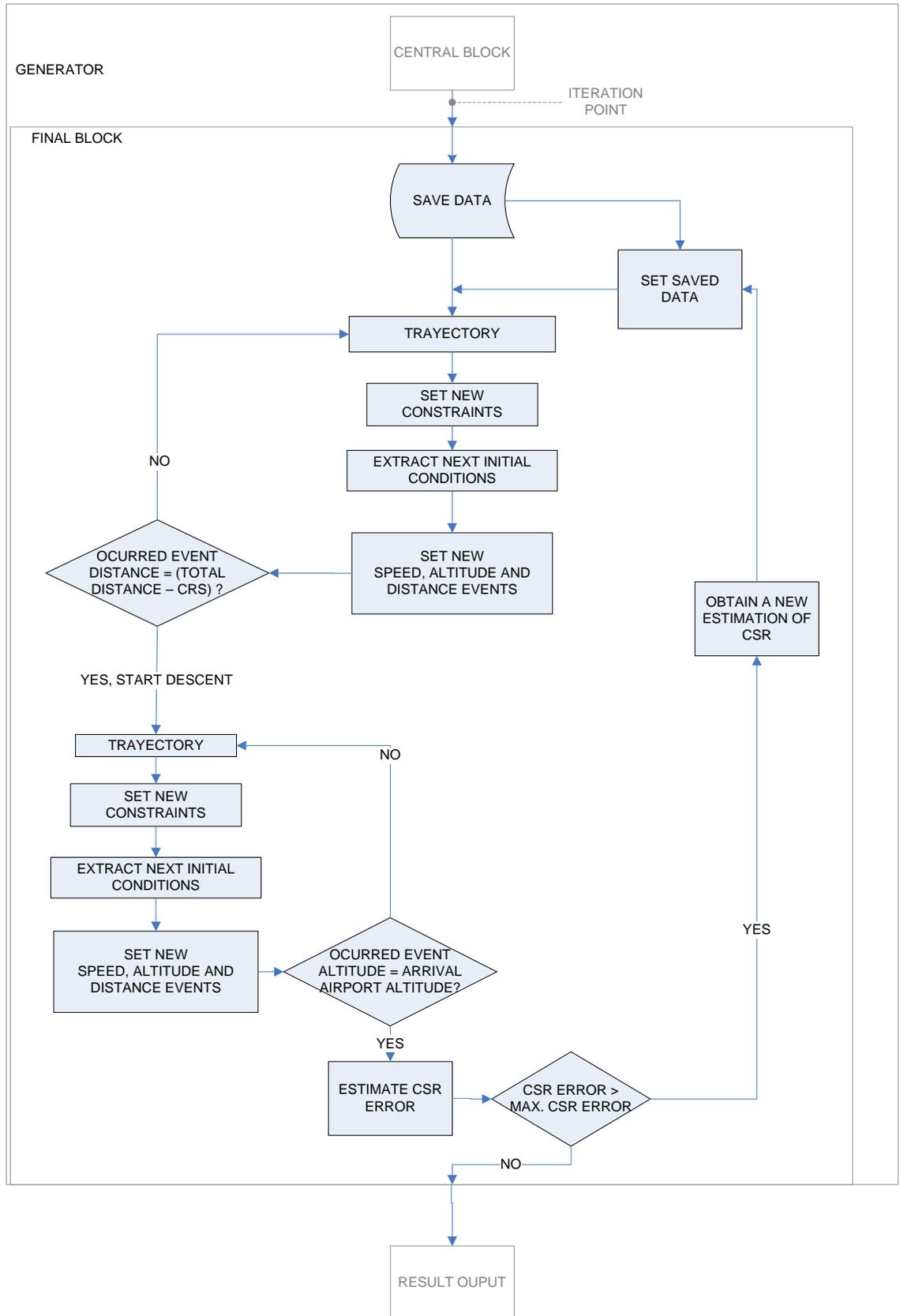


Figura 4.3.12. Final Block.

Con las coordenadas finales de la posición de la aeronave al alcanzar la elevación del punto de toma de contacto se calcula el error cometido al estimar el CSR, que fue desarrollado en el apartado “Algoritmo para el cálculo del CSR”. Si el error es inferior al máximo error permitido, el CSR calculado será correcto y por tanto se ha completado la trayectoria global tipo y los datos pueden ser enviados al módulo RESULTS OUTPUT. Si por el contrario el error es superior al máximo error permitido, se corregirá el CSR como se indicó en el apartado “Algoritmo para el cálculo del CSR”. Con la nueva estimación del CSR, se recuperan los datos almacenados al alcanzar el punto de iteración y se realiza de nuevo todo el proceso iterativo. En la Figura 4.3.13, se muestra en color amarillo el proceso de corrección del error en la estimación del CSR.

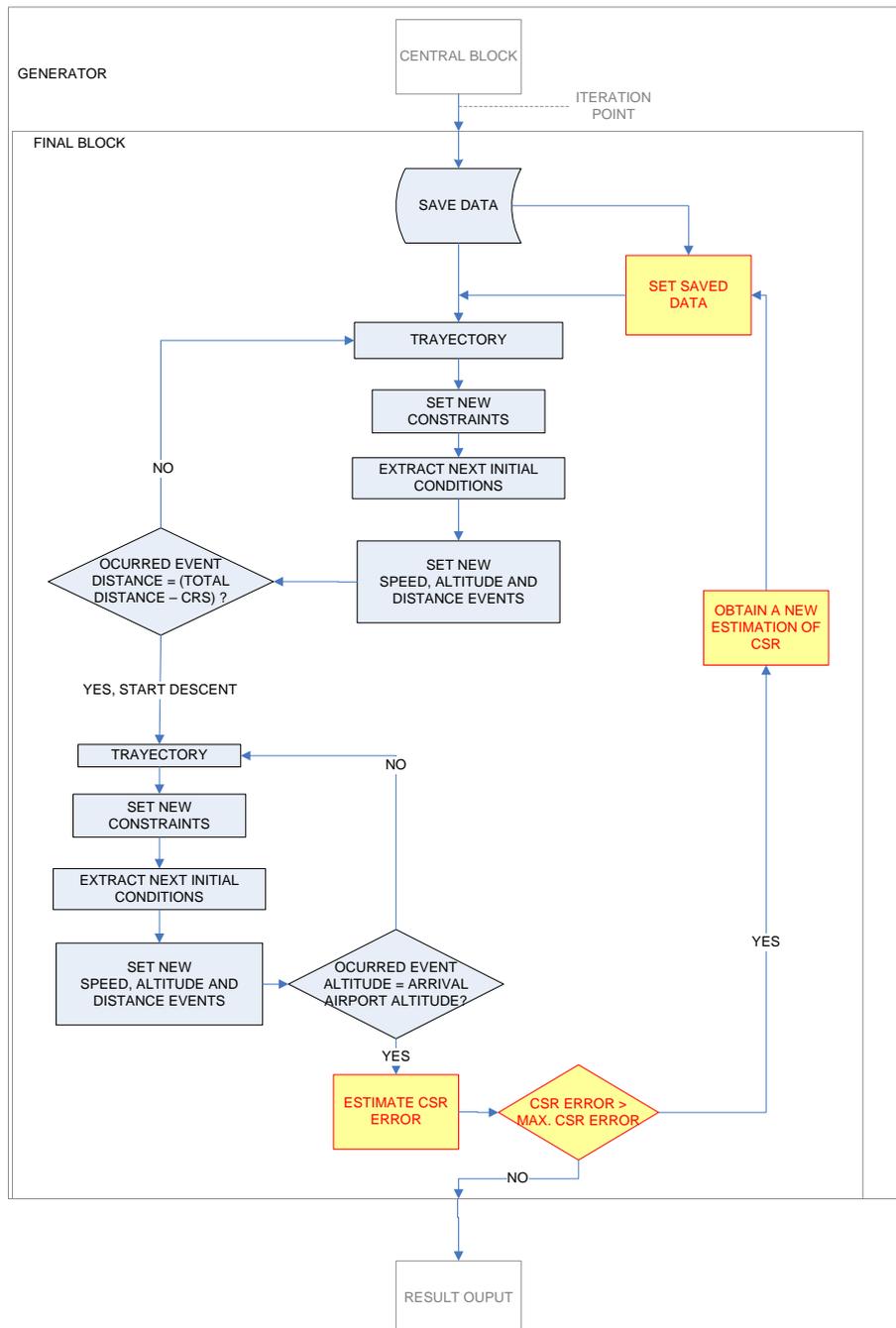


Figura 4.3.13. Final Block. Proceso de corrección del error en la estimación del CSR.

4.3.4. RESULTS OUTPUT

El módulo interno RESULTS OUTPUT realiza la organización de los datos obtenidos de los diferentes segmentos de vuelo que conforman la trayectoria global tipo. A partir de estos datos se calculan los parámetros del vuelo que hayan sido requeridos por el usuario y los envía al módulo GTG-INTERFACE donde serán mostrados.